

BREVET D'INVENTION

P.V. n° 812.921

Classification internationale :

N° 1.242.280

F 02 f

Dispositif de commande par cames, en particulier pour pompes d'injection de carburant.

Société dite : ROBERT BOSCH G. M. B. H. résidant en Allemagne.

Demandé le 12 décembre 1959, à 11^h 51^m, à Paris.

Délivré le 16 août 1960.

(Demande de brevet déposée en République Fédérale Allemande le 13 décembre 1958, au nom de la demanderesse.)

L'invention concerne une commande par cames composée d'une roue à came rotative qui est en contact forcé avec une surface opposée, disposée sur une pièce destinée à être guidée par la forme de la came, en particulier pour l'entraînement des pistons dans les pompes d'injection de carburant pour moteurs thermiques.

La forme géométrique de la roue à came pour des commandes par came de ce genre, par exemple d'une roue à came radiales, qui coopère avec un galet guidé radialement et chargé par ressort, était jusqu'à présent composée de lignes géométriques différentes disposées suivant le but d'utilisation.

Si on pose de faibles conditions en ce qui concerne la possibilité de charger le galet et en ce qui concerne la vitesse de rebondissement, il suffit de formes de cames qui sont composées d'arcs de cercle et de portions de droites raccordées avec ceux-ci (tangentes). Par vitesse de rebondissement, on désigne ici la vitesse de rotation de la roue à came pour laquelle le galet se soulève de la came.

Dans les commandes par cames à grande vitesse, le trajet des galets est rendu, au sommet des cames, fonction de l'angle de rotation de l'arbre à cames suivant une loi sinusoïdale.

Une autre augmentation de la vitesse de rebondissement en pratique d'environ 10 %, peut être obtenue par des formes de cames qui empêchent que les ressorts provoquant la force d'application du galet sur la came soient excités à leur fréquence propre. A des vitesses déterminées de la came, les enroulements des ressorts d'application peuvent être mis en résonance (par exemple par des fréquences d'harmoniques assez élevées) de sorte que, quand ils oscillent en opposition de phase, la force de pression du ressort de poussoir sur le galet est affaiblie. Les formes de cames dans lesquelles une telle diminution de la vitesse de rebondissement est

empêchée jusqu'à une limite supérieure déterminée de la vitesse, sont dites « sans secousses ».

Le calcul de telles formes de cames « sans secousses » se compose essentiellement de deux phases. Dans une première phase on fait une analyse harmonique de la loi des espaces (c'est-à-dire du trajet du galet en fonction de l'angle de la came) et par conséquent on trouve l'amplitude de toutes les fonctions sinusoïdales dont se compose la loi des espaces.

La fréquence propre du ressort de pression divisée par la vitesse maximum de l'arbre à cames nécessaire donne l'harmonique le plus bas de la loi des espaces qui ne doit plus apparaître dans la loi des espaces. Dans la deuxième phase du calcul, on cherche dans l'onde fondamentale et les harmoniques qui se trouvent en dessous de la limite calculée, par une synthèse harmonique, la forme de came sans secousses recherchée.

La mise en œuvre pratique de ce procédé montre que dans les commandes par cames « sans secousses » la zone de charge est diminuée. Avec des données de construction identiques par ailleurs de la commande par cames, la vitesse de rebondissement est augmentée et le chemin utile admissible avec la même charge du galet est diminué.

Sur la base de valeurs empiriques, la forme d'une came « sans secousses » peut encore être trouvée en prévoyant que le trajet du galet (trajet du galet en fonction de l'angle de la came) se compose de portions de droites, d'arcs de sinusoïdes et de paraboles. De plus, il n'est pas tenu compte de la capacité de charge, en particulier de la pression de Hertz.

Jusqu'ici il n'était pas possible de déterminer une forme de came avec laquelle, sans dépasser la pression de Hertz admissible entre le galet et la surface de travail de la came, on obtienne une augmentation du trajet utile et par conséquent dans

les pompes d'injection de carburant de la quantité envoyée par course du piston quand la matière, la course maxima, le diamètre du galet, la vitesse de rebondissement et la charge du piston doivent rester sans changements.

Le dispositif de l'invention comprend une forme de roue à came remplissant ces conditions. Il est caractérisé par ce que la surface du travail de la came, au moins dans la zone du chemin utile de la surface opposée, est courbée de telle sorte que, pour une relation donnée de la charge de la surface opposée et de l'angle de rotation de la came en fonction du temps, la pression de Hertz maxima admissible est atteinte en tous les points de la surface de travail de la came.

L'invention permet de constituer la forme géo-

métrique de la roue à cames de telle sorte qu'on obtienne non seulement une augmentation du trajet utile, mais encore la plus grande augmentation possible de celui-ci. A l'épreuve de ces nouvelles formes de cames sur des exemples pratiques, on a pu obtenir des augmentations de la quantité injectée allant jusqu'à 100 % (en moyenne 30 à 40 %) quand la vitesse de rebondissement et la charge (pression du galet) étaient conservées.

Dans le cas particulier d'exécution d'une commande par cames avec une roue à cames radiales et un galet guidé radialement roulant sur celle-ci, la forme s'obtient suivant l'invention en appliquant pour le trajet du centre du galet dans la zone de trajet utile, au moins approximativement l'équation différentielle :

$$(1) \quad \frac{dr_e}{dz} \cdot \frac{\rho}{r_e^2 \left[1 + \left(\frac{dr_e}{r_e dz} \right)^2 \right]} = \frac{1}{2\pi(1-\nu^2)} \cdot \frac{E}{P_1 l} \cdot P_1 + \frac{\rho}{r_e} \cdot \frac{1 + 2 \left(\frac{dr_e}{r_e dz} \right)^2}{\left[1 + \left(\frac{dr_e}{r_e dz} \right)^2 \right]^2} - \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{dr_e}{r_e dz} \right)^2}}$$

dans laquelle on a :

P_1 = charge en kg dans le sens de l'axe de guidage du galet.

P = pression de Hertz maxima admissible entre le galet et la surface de la came en kg/mm².

r_e = distance entre la piste du centre du galet et l'axe de la came en mm.

ε = angle de rotation de la came.

ρ = rayon du galet en mm.

E = module d'élasticité en kg/mm² (pour la diversité des matières du galet et de la came on a la relation :

$$\frac{1}{E} = \left(\frac{1}{2E_1} + \frac{1}{E_2} \right)$$

ν = coefficient empirique (pour le métal $\nu = 0,3$).

l = largeur portante du galet et de la came en mm.

L'invention s'étend également aux caractéristiques résultant de la description ci-après et du dessin joint ainsi qu'à leurs combinaisons possibles.

La description se rapporte à un exemple de réalisation représentée sur le dessin qui montre une roue à cames 1, un galet roulant sur celle-ci 2 et la piste 3 de son centre dessinée en traits mixtes. Un ressort 4 charge le galet 2. La charge utile P_1 résulte dans les pompes d'injection du diamètre du piston et de la pression p_1 dans la chambre de travail de la pompe suivant la relation :

$$P_1 = \frac{\pi}{4} d^2 p_1$$

Les relations indiquées ci-dessous servent d'équations de départ pour l'équation différentielle ci-dessus.

D'après le dessin, à cause de l'inclinaison de la piste du centre du galet, on a pour l'angle :

$$\alpha = \arctg \frac{dr_e}{r_e dz}$$

et

$$P_n = P_1 \operatorname{tg} \alpha$$

quand les forces des masses, du ressort et du frottement sont tout d'abord négligées.

Pour la charge du galet on a :

$$P_1 = \frac{P_1}{\cos \alpha} = P_1 \sqrt{1 + \left(\frac{dr_e}{r_e dz} \right)^2}$$

La pression de Hertz au point de contact du galet et de la surface de travail de la came est :

$$P^2 = \frac{P_1 E}{2\pi(1-\nu^2)l} \left(\frac{1}{\rho} + \frac{1}{r_b - \rho} \right)$$

où r_b représente le rayon de courbure de la piste du centre du galet.

L'équation pour trouver r_b est :

$$r_b = \frac{\left[r_e^2 + \left(\frac{dr_e}{dz} \right)^2 \right]^{3/2}}{r_e^2 + 2 \left(\frac{dr_e}{dz} \right)^2 - r_e \frac{d^2 r_e}{dz^2}}$$

En plus de la charge utile P_1 , il faut dans la plupart des cas d'application tenir compte de la charge supplémentaire par le ressort de pression. Si le calcul donne des accélérations positives (par exemple dans le cas de cames concaves) il faut aussi tenir

compte de l'augmentation de la charge du galet par les forces d'inertie.

L'équation différentielle indiquée ci-dessus devient alors :

$$(2) \quad \frac{d^2 r_s}{d\epsilon^2} / 2 \left\{ \frac{\rho}{r_s^2 \left[1 + \left(\frac{dr_s}{r_s d\epsilon} \right)^2 \right]^2} - \frac{E_m \omega^2}{2\pi (1 - \nu^2) \rho^2 l \rho} \right\} = - \frac{E}{2\pi (1 - \nu^2) \rho^2 l \rho} \\ \times [P_s + P_{f_m} - c(r_g + \rho + h_m - r_s)] + \frac{\rho}{r_s} \cdot \frac{1 + 2 \left(\frac{dr_s}{r_s d\epsilon} \right)^2}{\left[1 + \left(\frac{dr_s}{r_s d\epsilon} \right)^2 \right]^2} - \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{dr_s}{r_s d\epsilon} \right)^2}}.$$

Ici les signes supplémentaires employés sont :
 P_{f_m} = plus grande force élastique en kg pour le trajet maximum h_m .

c = constante élastique en kg/mm².

m = masse des pièces mobiles en kg sec²/mm.

r_g = rayon du cercle de base de la surface de la came pour un trajet nul en mm.

h_m = trajet maximum en mm.

ω = vitesse angulaire de la came en 1/sec.

Les équations de départ supplémentaires pour l'équation différentielle (2) sont :

La force élastique P_f est :

$$P_f = P_{f_m} - c(r_g + \rho + h_m - r_s).$$

Pour la force d'inertie dans le cas d'une rotation uniforme de la came, on a :

$$m\omega^2 \frac{d^2 r_s}{d\epsilon^2} = P_n.$$

Les fortes forces latérales sur la coulisse du galet qui peuvent en particulier se produire dans le cas de cames creuses, rendent de plus nécessaire de tenir compte des forces de frottement dans le sens de l'axe de la coulisse du galet. Pour la force de frottement on a : (μ = coefficient de frottement) :
 $P_r = \mu P_n$ et pour la force latérale P_n

$$P_n = (P_s + P_f + P_m + P_r) \operatorname{tg} \alpha.$$

Il en résulte pour la charge du galet :

$$P_l = \frac{P_s + P_r + P_m + P_r}{\cos \alpha} = (P_s + P_f + P_m) \frac{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}}{1 - \mu \operatorname{tg} \alpha}.$$

L'équation différentielle définitive est alors :

$$(3,4) \quad \frac{d^2 r_s}{d\epsilon^2} / 2 \left\{ \frac{\rho}{r_s^2 \left[1 + \left(\frac{dr_s}{r_s d\epsilon} \right)^2 \right]^2} - \frac{E_m \omega^2}{2\pi (1 - \nu^2) \rho^2 l \rho \left(1 - \mu \frac{dr_s}{r_s d\epsilon} \right)} \right\} \\ = \frac{E}{2\pi (1 - \nu^2) \rho^2 l \rho \left(1 - \mu \frac{dr_s}{r_s d\epsilon} \right)} [P_s + P_{f_m} - c(r_g + \rho + h_m - r_s)] + \frac{\rho}{r_s} \cdot \frac{1 + 2 \left(\frac{dr_s}{r_s d\epsilon} \right)^2}{\left[1 + \left(\frac{dr_s}{r_s d\epsilon} \right)^2 \right]^2} - \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{dr_s}{r_s d\epsilon} \right)^2}}.$$

Dans l'application de l'équation différentielle (2) ou (3) il faut tenir compte qu'avec une vitesse de rotation plus grande ou plus faible il peut apparaître différentes valeurs pour $\frac{d^2 r_s}{d\epsilon^2}$.

L'exécution définitive d'une came (quand d'autres conditions ne s'y opposent pas) doit être basée sur les solutions de l'opération différentielle qui donne la plus faible courbure convexe ou la plus grande courbure concave.

Donc si on a :

$$\frac{d^2 r_s}{d\epsilon^2} / \omega = 0 > \frac{d^2 r_s}{d\epsilon^2} / \omega = \omega_{\max}$$

il faut continuer à calculer avec $\frac{d^2 r_s}{d\epsilon^2} / \omega = 0$

si on a :

$$\frac{d^2 r_s}{d\epsilon^2} / \omega = \omega_{\max} > \frac{d^2 r_s}{d\epsilon^2} / \omega = 0$$

il faut continuer à calculer avec :

$$\frac{d^2 r_s}{d\epsilon^2} / \omega = \omega_{\max}.$$

Pour porter encore plus haut l'utilisation d'une commande par came, comme cela est possible par l'application de l'équation différentielle simplement pendant la course utile, il est prévu suivant l'invention d'appliquer aussi l'équation différentielle à la zone du sommet de la came.

De plus, pour la pression dans la chambre de travail de la pompe, il faut substituer zéro de sorte que seules les forces élastiques, d'inertie et de frottement entrent dans le calcul.

De plus, en particulier au voisinage immédiat du point supérieur du sommet, on peut calculer une courbure assez forte pour que le galet se soulève de l'arbre à cames quand une vitesse de rotation élevée de l'arbre à cames est atteinte.

Pour cette raison, il est prévu suivant une caractéristique de l'invention, de limiter l'application de l'équation différentielle aux zones où la force élastique dépasse les forces d'inertie qui se produisent ou au moins est égale à zéro et que le galet s'applique sur la came ou touche celle-ci.

Pour l'autre zone on a la formule :

$$\frac{d^2 r_1}{dt^2} = \frac{\frac{\pi}{4} d^2 p_1 - P_{f_1} - c(r_1 + \rho + h_m - r_1)}{m \cdot \omega_{\max}^2}$$

et à côté de l'équation différentielle pour tenir compte de la pression de Hertz on a la condition :

$$\frac{d^2 r_1}{dt^2} > \frac{d^2 r_1}{dt^2} \cdot 0.$$

Avec les formules décrites jusqu'ici il est possible

$$r_1 = -(r_0 - \rho) \cos \alpha + \sqrt{(r_1 + r_0)^2 - (r_0 - \rho)^2 \sin^2 \alpha}.$$

De plus, il peut arriver que le point de passage tombe dans la zone du trajet utile nécessaire. De ce fait le temps de refoulement (exprimé en degrés d'angle de la came) est augmenté. Il est donc avantageux pour de tels cas de diminuer le rayon de telle sorte que le point de passage coïncide avec le point le plus bas de la zone de trajet utile.

Comme pour ce cas r_1 et α sont connus par la solution de l'équation différentielle on a :

$$r_{1\max} = \frac{r_0^2 - \rho^2 - 2r_0 \rho \cos \alpha - r_1^2}{2(r_0 - \rho - r_1 \cos \alpha)}.$$

$$m \omega^2 \frac{d^2 r_1}{dt^2} = P_{1m} \frac{1 - \mu \frac{dr_1}{r_1 dt}}{\sqrt{1 + \left(\frac{dr_1}{r_1 dt}\right)^2}} - \frac{\pi}{4} d^2 p_1 - P_{f_1} + c(r_1 + \rho + h_m - r_1).$$

La solution de cette équation différentielle commence pratiquement au point $r_1 = r_0 + \rho$. Par déplacement dans le sens r on trouve le point du passage où se touchent (se tangentent) les courbes de la solution des équations différentielles.

Pour le cas où le point de passage se trouve en dehors de la zone de trajet utile, on peut appliquer à la courbe de la solution de l'équation différentielle de la zone de course utile une autre courbe de solution pour laquelle la pression de la chambre de travail de la pompe, comme au sommet de la courbe, est posée égale à zéro.

Les équations différentielles indiquées ne peuvent être résolues que par le procédé d'approximation. De plus, l'étendue des calculs est si grande qu'une recherche économique de la forme de la came ne peut être envisagée qu'avec l'application d'installations de calcul électronique.

de calculer en partant du sommet de la came une forme de came telle qu'elle comprenne complètement la zone de trajet utile.

L'hypothèse est que la forme de came dans la zone du trajet utile ne présente aucun point où la valeur $\tan \alpha$ rapportée à la piste du centre du galet devient inférieure à zéro.

Des comes de ce genre n'auraient pas de sens d'après les connaissances actuelles.

Le passage de la forme de came de l'équation différentielle au cercle de base peut se faire de différentes façons.

Si on donne par exemple le rayon r_1 de la plus petite meule admissible pour des raisons de fabrication, il faut d'après le dessin qu'au point de passage de la courbe de l'équation différentielle à la piste du centre du galet d'équation suivante soit remplie :

Le troisième moyen concerne le cas où par des dispositifs correspondants dans la fabrication de la came on peut faire $r_0 = \rho$ et que le temps le plus court possible est nécessaire pour le trajet total. Alors pendant le passage il peut y avoir au pied de la came des accélérations aussi élevées que le permet la solidité du montage du galet.

Si on désigne par P_{1m} cette forme maxima du galet (à trouver par le calcul ou empiriquement) pour la zone de passage on a l'équation différentielle :

RÉSUMÉ

L'invention s'étend notamment aux caractéristiques ci-après et à leurs combinaisons possibles.

1° Dispositif de commande par came, composée d'une roue à came rotative en contact forcé avec un galet, dispositif caractérisé par ce que la surface de travail de la came, au moins dans la zone du trajet utile du galet opposé, est courbée de telle sorte que, pour une relation donnée de la charge de la surface opposée et de l'angle de rotation de la came en fonction du temps, la pression de Hertz maximum admissible soit atteinte en tous les points de la surface du travail de la came, ce qui permet d'augmenter le parcours utile de la came sans risque de rebondissement du galet.

2° Dans le cas d'une roue à came radiale rotative avec un galet guidé radialement tournant sur

celle-ci, la piste du centre du galet correspond à l'équation différentielle :

$$\frac{dr_s}{d\epsilon}/1 \cdot \frac{\rho}{r_s \left[1 + \left(\frac{dr_s}{r_s d\epsilon} \right)^2 \right]} = \frac{1}{2\pi(1-\nu^2)} \cdot \frac{E}{\rho^2 l \rho} P_s + \frac{\rho}{r_s} \cdot \frac{1 + 2 \left(\frac{dr_s}{r_s d\epsilon} \right)^2}{\left[1 + \left(\frac{dr_s}{r_s d\epsilon} \right)^2 \right]^2} - \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{dr_s}{r_s d\epsilon} \right)^2}}$$

dans laquelle on a :

P_s = charge en kg dans le sens de l'axe de guidage du galet dans la zone de trajet utile.

ρ = pression de Hertz maxima admissible entre le galet et la surface de la came en kg/mm².

r_s = distance entre le centre du galet et l'axe de la came en mm.

ϵ = angle de rotation de la came.

ρ = rayon du galet en mm.

E = module d'élasticité en kg/mm² (dans le cas de diversité des matières du galet et de la came on a).

$$\frac{1}{E} = \left(\frac{1}{2} \frac{1}{E} + \frac{1}{E_s} \right)$$

$$\frac{dr_s}{d\epsilon}/2 \left\{ \frac{\rho}{r_s \left[1 + \left(\frac{dr_s}{r_s d\epsilon} \right)^2 \right]} - \frac{E_s \omega^2}{2\pi(1-\nu^2) \rho^2 l \rho} \right\} - \frac{E}{2\pi(1-\nu^2) \rho^2 l \rho} [P_s + P_{fm} - c(r_g + \rho + h_m - r_s)]$$

$$+ \frac{\rho}{r_s} \cdot \frac{1 + 2 \left(\frac{dr_s}{r_s d\epsilon} \right)^2}{\left[1 + \left(\frac{dr_s}{r_s d\epsilon} \right)^2 \right]^2} - \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{dr_s}{r_s d\epsilon} \right)^2}}$$

et que la condition suivante est remplie par rapport au paragraphe 1°

$$\frac{dr_s}{d\epsilon}/2 > \frac{dr_s}{d\epsilon}/1$$

dans lesquelles on a en plus :

P_{fm} = force élastique maxima en kg avec le trajet maximum h_m .

c = constante élastique en kg/mm.

m = masse des parties mobiles en kg sec²/mm.

r_g = rayon du cercle de base de la surface de la came pour trajet nul en mm.

h_m = trajet maximum en mm.

ω = vitesse angulaire de la came en 1/sec.

4° On tient compte des forces de frottement dans la coulisse du galet et dans les équations différentielles pour la piste du centre du galet des paragraphes 2° et 3° on remplace l'expression :

$$\frac{E}{2\pi(1-\nu^2) l \rho}$$

par la valeur

$$\frac{E}{2\pi(1-\nu^2) l \rho} \cdot \frac{1}{1 - \mu \frac{dr_s}{r_s d\epsilon}}$$

μ étant le coefficient de frottement.

ν = un coefficient empirique (pour le métal $\nu = 0,3$).

l = largeur portante du galet ou de la came en mm.

3° La roue à came radiale tournant au moins approximativement uniformément et coopérant avec un galet guidé radialement chargé par ressort tournant sur celle-ci, en tient compte, en plus de la charge utile, des forces d'inertie et élastiques dans le sens de l'axe du guidage du galet quand il se produit de ce fait une charge plus élevée entre le galet et la surface de la came, de sorte que pour la piste du centre du galet on a l'équation différentielle :

5° En dehors du trajet utile, dans la zone du sommet de la came, dans le but d'augmenter la vitesse limite de rotation pour laquelle le galet reste en contact constant avec la surface de travail, l'équation différentielle du paragraphe 3° ou 4° est remplacée par l'équation différentielle :

$$\frac{dr_s}{d\epsilon}/5 = - \frac{P_{fm} - c(r_g + \rho + h_m - r_s)}{m \omega^2 \max}$$

où $\omega \max$ est en 1/sec la vitesse angulaire maxima voulue de la came et la condition :

$$\frac{dr_s}{d\epsilon}/5 > \frac{dr_s}{d\epsilon}/3$$

ou

$$\frac{dr_s}{d\epsilon}/5 > \frac{dr_s}{d\epsilon}/1$$

est remplie, dans laquelle : $\frac{dr_s}{d\epsilon}/3$ se rapporte à l'équation indiquée dans le paragraphe 4° en liaison avec le paragraphe 2° et où $\frac{dr_s}{d\epsilon}/1$ se rapporte à l'équation indiquée dans le paragraphe 4° en liaison avec le paragraphe 3°.

6° Pour le passage de la surface de la came au rayon du cercle de base r_g on a l'équation différentielle :

$$m\omega^2 \frac{dr_i}{d\varepsilon^2} \Big/_6 = P_{1m} \frac{1 - \mu \frac{dr_i}{r_i d\varepsilon}}{\sqrt{1 + \left(\frac{dr_i}{r_i d\varepsilon}\right)^2}} - P_i = P_{jm} + c(r_g + \rho + h_m - i.)$$

où P_{1m} désigne la charge du galet maxima admissible en kg qui peut agir sur le galet et son montage et au point de passage la condition :

$$\frac{dr_i}{d\varepsilon} \Big/_6 = \frac{dr_i}{d\varepsilon} \Big/_3$$

ou

$$\frac{dr_i}{d\varepsilon} \Big/_6 = \frac{dr_i}{d\varepsilon} \Big/_1$$

et

$$r_{i6} = r_{i3} \quad \text{ou} \quad r_{i6} = r_{i1}$$

est remplie. Les expressions avec l'indice 3 se rapportant à la solution de l'équation différentielle du paragraphe 4° en liaison avec le paragraphe 2° et les expressions avec l'indice 4 se rapportant à la solution du paragraphe 4° en liaison avec le paragraphe 3°.

7° Pour le passage de la surface de la came au rayon du cercle de base r_g il est prévu un rayon creux plus petit r_c (par exemple plus petit rayon de la meule du dispositif de fabrication de la came) et au point de passage l'équation :

$$r_i = -(r_c - \rho) \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{dr_i}{r_i d\varepsilon}\right)^2}} + \sqrt{(r_g + r_c)^2 - (r_c - \rho)^2 \frac{\left(\frac{dr_i}{r_i d\varepsilon}\right)^2}{1 + \left(\frac{dr_i}{r_i d\varepsilon}\right)^2}}$$

est satisfaite.

8° Le passage de la surface de la came au rayon du cercle de base se fait par un rayon r_{cm} qui se raccorde au point le plus bas de la came de trajet utile et au point de passage l'équation :

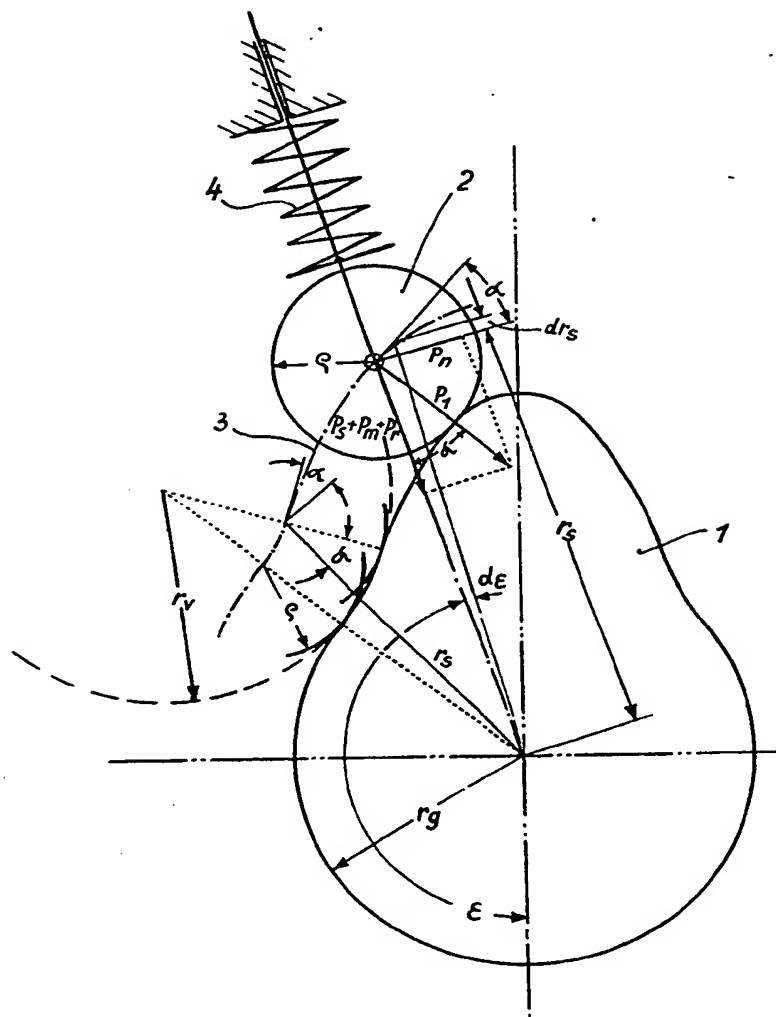
$$r_{cm} = \frac{r_i^2 + \rho^2 - r_g^2 - 2r_i \rho \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{dr_i}{r_i d\varepsilon}\right)^2}}}{2 \left[r_g + \rho - r_i \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{dr_i}{r_i d\varepsilon}\right)^2}} \right]}$$

est satisfaite.

Société dite : ROBERT BOSCH G. M. B. H.

Par procuration :

BERT et DE KERAVENT



THIS PAGE BLANK (USPTO)